



SUOMI-FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(B) (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLAGGNINGSSKRIFT

85196

C (15) *Patent*
Publ. 1.11.1985 13 13 1000

(51) Kv.1k.5 - Int.cl.5

G 21C 3/32

(21) Patenttihakemus - Patentansökning	863723
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag	15.09.86
(24) Alkupäivä - Löpdag	15.09.86
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	15.05.87
(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	29.11.91
(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet	
14.11.85 DE 3540466 P	

(71) Hakija - Sökande

1. Siemens Aktiengesellschaft, Wittelsbacherplatz 2, München, BRD, (DE)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Lill, Günther, Händelstrasse 10, Herzogenaurach, BRD, (DE)
2. Holzer, Rolf, Schallershofstrasse 48a, Erlangen, BRD, (DE)
3. Lettau, Hans, Lettenfeld 14, Effeltrich, BRD, (DE)

(74) Asiamies - Ombud: Oy Kolster Ab

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

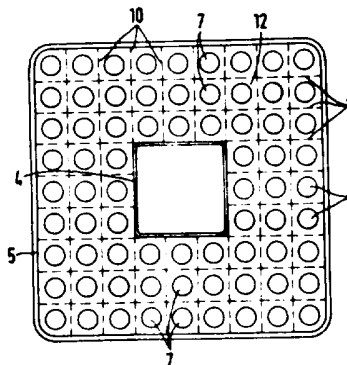
Kiehusvesiydinreaktorin polttoaine-elementti
Kokvattenkärnreaktors bränsleelement

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP A 86427 (G 21C 3/32), SE B 359395 (G 21C 3/30), US A 3132076 (176-44)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö kohdistuu ydinreaktorin polttoaine-elementtiin. Polttoainesauvojen jäähdyttämiseksi on kehitetty polttoaine-elementti, jossa on pitkänomainen polttoaine-elementtilaatikko (5), jolla on neliömäinen poikkileikkaus ja jossa on ydinpolttoainetta sisältäviä polttoainesauvoja (7). Polttoainesauvat (7) on sovitettu toisistaan erilleen laatikon poikkileikkaukseen ajatellun ristikon silmiin (12), jolloin ristikolla on laatikon (5) selläin suuntaiset sivut. Polttoaine-elementti käsittää myös särmiömäiseksi muodostetun vesiputken (4), jonka poikkileikkaus peittää enemmän kuin ajatellun ristikon yhden silmän ja joka on välimatkan päässä polttoaine-elementtilaatikosta (5), jolloin kaikkialla vesiputken (4) ja polttoaine-elementtilaation (5) välissä on ajatellun ristikon silmiä, jotka on varustettu polttoainesauvoilla (7).



Uppfinningen avser ett bränsleelement i en kärnreaktor. För kylning av bränslestavarna har utvecklats ett bränsleelement, med en långsträckt bränsleelementlåda (5), som har kvadratisk tvärsnitt och innehåller bränslestavar (7) med kärnbränsle. Bränslestavarna (7) är anordnade med mellanrum i maskorna (12) i ett i lådans tvärsnitt tänkt galler, varvid gallrets sidor är parallella med lådans (5) väggar. Bränsleelementet omfattar även ett prismaformat vattenrör (4), vars tvärsnitt täcker mera än en maska i det tänkta gallret och som har ett mellanrum till bränsleelementlådan (5), varvid överallt mellan vattenröret (4) och bränsleelementlådan (5) finns det tänkta gallrets maskor, vilka är besatta med bränslestavar (7).

Kiehutusvesiydinreaktorin polttoaine-elementti

Keksintö kohdistuu patenttivaatimuksen 1 lajimääritelmän mukaiseen kiehutusydinreaktorin polttoaine-elementtiin.

Tällainen ydinreaktorin eräs polttoaine-elementti on tunnettu US-patenttijulkaisusta 38 08 098. Tämä tunnettu ydinreaktorin polttoaine-elementti on tarkoitettu kiehutusvesireaktoriin. Sen vesiputki on ontto sylinteri ja se on sovitettu epäkeskisesti ajateltuun ristikkoon. Tämä vesiputki muodostaa ydinreaktorin polttoaine-elementtiin sisäkanavan, jonka kautta kiehutusvesiydinreaktorissa virtaa läpi vesi, joka ei kiehu ydinreaktorin polttoaine-elementin koko pituudelta. Tämän johdosta vesiputkessa oleva vesi aikaansaa termisten neutronien virtauksen parannetun jakamisen ja siten suurentuneen reaktiokyvyn kiehutusvesireaktorin reaktorisydämessä.

Tunnetun ydinreaktorin polttoaine-elementin yhteydessä on virtauspoistokanavilla ydinreaktorin polttoaine-elementin pituussuunnassa, jotka kanavat muodostuvat vesiputkesta ja vierekkäisistä polttoainesauvoista ja joiden läpi virtaa kiehutusvesireaktorissa ydinreaktorin polttoaine-elementin pituussuunnassa vesi-höyry-seos, toinen poikkileikkaus kuin muilla virtauspoistokanavilla, jotka muodostetaan ainoastaan vierekkäisten polttoainesauvojen välitilalla. Poikkileikkauksien ero on sitä suurempi, mitä suurempi on vesiputken poikkileikkaus ja mitä enemmän ajatellun ristikon silmiä sisältyy tähän poikkileikkaukseen. Poikkileikkauksien tämän eron johdosta aikaansaadaan ydinreaktorin polttoaine-elementin läpi virtaavan vesi-höyry-seoksen epäyhdenmukainen jakaantuminen, mistä on seurauksena ydinreaktorin polttoaine-elementin polttoainesauvojen epäyhdenmukainen jäähtyminen.

Keksintö perustuu tehtävään saada tähän apu ja ta-soittaa polttoainesauvojen jäähtymistä.

Tämän tehtävän ratkaisemiseksi edellä mainittua la-
jia olevalla ydinreaktorin polttoaine-elementillä on kek-
sinnön mukaan patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosan tun-
nusmerkit.

5 Särmiömäisesti muodostetun vesiputken poikkileik-
kauksen suorilla viivoilla muodostetut ääriviivat sallivat
virtauspoistokanavien sen poikkileikkauksen, jonka muodos-
tamiseen vesiputki osallistuu, mitoittamisen niin, että
saavutetaan ydinreaktorin polttoaine-elementin kaikkien
10 polttoainesauvojen laajalti yhdenmukainen jäähdytys.

Särmiömäisesti muodostettu vesiputki voi aikaansaa-
da myös hidastinaaineena toimivan veden ja ydinpolttoaineen
yhdenmukaisemman jakaantumisen ja siten reaktiokyvyn nou-
semisen kiehutusvesiydinreaktorissa.

15 Julkaisun "ASEA-Journal" 3/84 sivuilta 4 - 7 on to-
sin tunnettu ydinreaktorin polttoaine-elementin keskustaan
kiehutusvesireaktoria varten sovitettu vesiputki, joka on
ristin muotoisella poikkileikkauksella varustettu ontto
kappale. Mutta tällä ontolla kappaleella ei ole mitään vä-
20 limatkaa pitkänomaisesta polttoaine-elementtilaatikosta,
vaan sen pitkittäisreunat on hitsattu tämän polttoaine-
elementtilaatikon sisäsiivuun. Tämän johdosta saavutetaan
tosin polttoainesauvojen yhdenmukainen jäähdytys ydinreak-
torin polttoaine-elementissä, ydinpolttoaine ja vesi on
25 kuitenkin jaettu kiehutusvesiydinreaktorin reaktorisydä-
messä ainoastaan epäyhdenmukaisesti, koska vesiputkessa,
jonka poikkileikkaus on ristin muotoinen, olevasta vedestä
suurin osa sijaitsee polttoaine-elementtilaatikon sisäsi-
vujen vieressä, joiden ulkosivujen vieressä kiehutusvesi-
30 reaktorin reaktorisydämessä joka tapauksessa on vettä hi-
dastusaineena.

Keksinnön mukainen ydinreaktorin polttoaine-ele-
mentti ei aikaansaa vain polttoainesauvojen yhdenmukaista
jäähdytystä ja suurentunutta reaktorikykyä kiehutusvesi-
35 ydinreaktorissa, vaan siitä on myös se etu, että polttoai-
ne-elementin komponentit kuten etäisyyspitimet polttoaine-

elementin pää ja polttoaine-elementin jalka ilman muuta voidaan ilman erityisiä kustannuksia sovittaa vesiputken kanssa. Mitkään polttoaine-elementtिलातिकон sovittamiset eivät ylipäättään ole tarpeen.

5 Keksinnön mukaisen ydinreaktorin polttoaine-elementin edulliset edelleenkehitysmuodot patenttivaatimuksia 2 - 5 vastaavasti aikaansaavat vedestä muodostuvan hidastusaineen ja ydinpolttoaineen jakamisen parantuneen symmetrian kiehutusvesireaktorin reaktorisydämessä ja sallivat sen vuoksi halkeaviin isotooppeihin rikastumisen yhdenmukaisemman jakaantumisen ydinreaktorin polttoaine-elementin polttoainesauvoissa.

Keksintö ja sen edut selostetaan lähemmin piirustuksen avulla yhdessä sovellutusesimerkissä.

15 Kuvio 1 esittää perspektiivikuvana ja osittain hajoitettuna esityksenä keksinnön mukaisen ydinreaktorin polttoaine-elementin runkoa.

Kuvio 2 esittää kuvion 1 polttoaine-elementin poikkileikkausta.

20 Kuvio 3 esittää sivukuvaa, ja

kuvio 4 alta katsottuna kuvion 1 mukaisessa ydinreaktorin polttoaine-elementissä olevaa vesiputkea.

Kuvion 1 mukaisessa ydinreaktorin polttoaine-elementissä on polttoaine-elementin pää 2 ja polttoaine-elementin jalka 3, joilla kummallakin on neliömäinen poikkileikkaus, pitkänomainen särmiömäinen vesiputki 4, jolla on neliömäinen poikkileikkaus, ja pitkänomainen polttoaine-elementtिलातिकको 5, jolla on neliömäinen poikkileikkaus. Vesiputki 4 on sovitettu keskeisesti ristikkomaisiin etäisyyspitimiin 6, jotka ovat vesiputken 4 pituussuunnassa katsottuna välimatkan päässä toisistaan. Näiden etäisyyspitimien 6 jokaisen silmän läpi tarttuu ydinpolttoainetta sisältävä polttoainesauva 7. On esimerkiksi kahdeksan näitä polttoainesauvoja 7, niinkutsuttuja kantosauvoja, joiden molemmissa päissä on kierteitettyt pultit, joilla ne on ruuvaamalla kiinnitetty polttoaine-elementin päähän 2 tai

poltttoaine-elementin jalkaan 3. Toiset poltttoainesauvat 7 tarttuvat irrallisena molemmissa päissään sijaitsevilla pulteilla poltttoaine-elementin päässä 2 ja poltttoaine-elementin jalassa 2 oleviin läpivienteihin. Ne on kulloinkin
5 kiinnitetty puristuksella esijännitetyllä ruuvijousella, jotka ovat poltttoaine-elementin 2 päässä oleviin läpivienteihin tarttuvien pulttien päällä poltttoaine-elementin pään 2 sisäsivulla ja tukeutuvat tähän sisäsivuun ja kyseiseen poltttoainesauvaan.

10 Samalla kun poltttoaine-elementin pää 2 ja poltttoaine-elementin jalka 3 muodostuvat ruostumattomasta teräksestä, pitkänomainen poltttoaine-elementtिलाatikko 5 on valmistettu sirkoniumlejeeringistä. Se on avoin molemmista päistä ja ympäröi poltttoaine-elementin päät 2 ja poltttoaine-elementin jalkaa 3. Yläpäässä siinä on sisällä nurkissa esittämättä jätettyjä levykaistaleita, jotka yläpäästä on ruuvaamalla kiinnitetty sidepulteilla 9 poltttoaine-elementin pään 2 yläsivuun.

Kuten kuvio 2 esittää, poltttoaine-elementtिलातिकon
20 5 poikkileikkaukseen on ajateltu katkoviivoin 10 ja 11 symboloitu ristikko. Viivat 10 ja 11 ovat toistensa suhteen suorassa kulmassa ja muodostavat poltttoaine-elementtिलातिकon 5 poikkileikkaukseen ajatellun ristikon neliömäisiä ja poltttoaine-elementtिलातिकon 5 sisäsivulle suorakulmaisia silmiä. Kaikki yhdensuuntaiset viivat 10 ovat poltttoaine-elementtिलातिकon poikkileikkauksen toisen sivuparin suuntaiset ja kaikki yhdensuuntaiset viivat 11 ovat tämän poikkileikkauksen toisen sivuparin suuntaiset. Tämän poikkileikkauksen jokaisella sivulla on viivojen 10
25 ja 11 muodostamassa ristikossa yhdeksän silmää 12, ts. yhteensä tässä ajatellussa ristikossa on 9x9 silmää.

Vesiputki 4 on sovitettu keskeisesti ajateltuun ristikkoon, jossa on viivat 10 ja 11, ja sillä on neliömäinen poikkileikkaus. Sen poikkileikkauksen sivut ovat
30 poltttoaine-elementtिलातिकon 5 kulloinkin viereisen poikkileikkaussivun suuntaiset. Vesiputken 4 kaikilla poikki-

leikkaussivuilla on polttoaine-elementtilaatikon 5 kulloinkin viereisistä poikkileikkaussivusta sama etäisyys.

5 Vesiputken 4 poikkileikkaus peittää ajatellun ristikon 3x3 silmää tämän ristikon keskustassa. Vesiputken kaikilla ulkosivuilla sijaitsevat vesiputken 4 ja polttoaine-elementtilaatikon 5 välissä kaikkiaan ajatellun ristikon 72 silmää, joihin kulloinkin on sovitettu yksi ydinpolttoainetta sisältävä polttoainesauva 7. Vierekkäisillä polttoainesauvoilla 7 on toisistaan yhtä suuri etäisyys.

10 Kuten kuvio 3 esittää, yläpäästä avoin vesiputki 4 tarttuu alapäästään poikkileikkaukseltaan aivan pyöreän pohjaosan 14 yli, jonka vaippapinnassa on neljä tasaista kohtaa 15, joilla on kulloinkin toisistaan 90° kulmaetäisyys ja joihin vesiputki 4 on hitsattu.

15 Ruostumattomasta teräksestä muodostuvan pohjaosan 14 alaosalla on kierteitetty pultti 16, jolla se tarttuu ristikkomaisessa arinassa polttoaine-elementin jalan 3 yläosalla olevan läpiviennin läpi ja josta se on ruuvattu esittämättä jätetyllä mutterilla tähän polttoaine-elementin jalkaan 3.

20 Pohjaosa 14 muodostaa samoin sirkoniumlejeeringistä valmistetun vesiputken 4 alapäässä kulloinkin kahden taseisen kohdan 15 välissä tämän vesiputken 4 poikkileikkauksen nurkkiin neljä läpivirtausaukkoa 17 vettä varten, 25 joka virtaa kiehutusvesiydinreaktorissa vesiputken 4 läpi polttoaine-elementin jalasta 3 polttoaine-elementin pään 2 suuntaan, ei höyrysty vesiputkessa 4 ja lähtee pois tästä vesiputkesta 4 jälleen yläpäässä.

30 Ydinreaktorin polttoaine-elementin läpi vesiputken 4 ulkosivulla polttoaine-elementin jalasta 3 polttoaine-elementin päähän 2 polttoaine-elementtilaatikon 5 sisäpuolella kiehutusvesireaktorissa virtaava vesi pääsee polttoaine-elementin jalan 3 läpi polttoaine-elementtilaatikkoon 5, höyrystyy osittain polttoainesauvojen 7 ulkosivulla ja 35 lähtee lopuksi polttoaine-elementtilaatikosta 5 vesihöyryseoksena polttoaine-elementin pään 2 läpi.

Patenttivaatimukset

1. Kiehutusvesiydinreaktorin polttoaine-elementti, jossa on pitkänomainen polttoaine-elementtilaatikko (5),
5 jolla on neliömäinen poikkileikkaus ja jossa on ydinpoltoainetta sisältäviä polttoainesauvoja (7), jotka on sovitettu polttoaine-elementtilaatikkoon (5) välimatkan päähän toisistaan laatikon poikkileikkaukseen ajatellun ristikon (10, 11) silmiin (12), jolla ristikolla on laatikon seinien suuntaiset sivut, sekä vesiputki (4), jonka poikkileikkaus peittää enemmän kuin ajatellun ristikon (10, 11) yhden silmän (12) ja joka on välimatkan päässä polttoaine-elementtilaatikosta (5), jolloin vesiputken (4) ja polttoaine-elementtilaatikon (5) välissä sijaitsee kaikkialla
10 ajatellun ristikon (10, 11) silmiä (12), jotka on varustettu polttoainesauvoilla (7), t u n n e t t u siitä, että polttoaine-elementin pää (2) ja polttoaine-elementin jalka (3) ovat kumpikin poikkileikkaukseltaan neliömäisiä ja niitä ympäröi polttoaine-elementtilaatikko (5), ja että
15 vesiputki (4), jonka yläpäässä on vedenpoistoaukko, on muodostettu särmiömäiseksi ja on varustettu pohjaosalla (14), joka vesiputken (4) alapäässä muodostaa läpimenoaukot (17) ja joka on liitetty polttoaine-elementin jalkaan (3).

25 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen ydinreaktorin polttoaine-elementti, t u n n e t t u siitä, että vesiputki (4) on sovitettu keskeisesti ajateltuun ristikkoon (10, 11).

30 3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen ydinreaktorin polttoaine-elementti, t u n n e t t u siitä, että vesiputken (4) poikkileikkaus on neliömäinen.

4. Patenttivaatimuksen 2 tai 3 mukainen ydinreaktorin polttoaine-elementti, t u n n e t t u siitä, että vesiputken (4) poikkileikkaussivut ovat yhdensuuntaiset
35 kulloinkin vierekkäisen polttoaine-elementtilaatikon (5) poikkileikkaussivun kanssa ja kaikilla on yhtä suuri etäi-

syys polttoaine-elementtilaatikon (5) viereisestä poikkileikkaussivusta.

5 5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen ydinreaktorin polttoaine-elementti, t u n n e t t u siitä, että ajatellussa ristikossa (10, 11) on $n \times n$ silmää (12), jolloin $n \geq 8$, joista keskisen vesiputken poikkileikkaus peittää $(n - 6) \times (n - 6)$ silmää (12) ja joista jäljelle jäävät silmät vesiputken (4) ja polttoaine-elementtilaatikon (5) välissä on varustettu yksinomaan polttoainesauvoilla (7).

Patentkrav

1. En kokvattenkärnreaktors bränsleelement som upp-
visar en långsträckt bränsleelementlåda (5) med ett kvad-
5 ratiskt tvärsnitt och kärnbränsle innehållande bränsle-
stavar (7) som är anordnade i bränsleelementlådan (5) på
ett avstånd från varandra i maskor (12) av ett imaginärt
galler (10, 11) i lådans tvärsnitt, vilket galler sidor
är parallella med lådans väggar, samt ett vattenrör (4)
10 vars tvärsnitt täcker mera än en maska (12) i det imaginä-
ra gallret (10, 11) och som är beläget på ett avstånd från
bränsleelementlådan (5), varvid överallt mellan vattenrö-
ret (4) och bränsleelementlådan (5) befinner sig maskor
(12) av det imaginära gallret (10, 11) försedda med bräns-
15 lestavar (7), k ä n n e t e c k n a t därav, att bränsle-
elementets huvud (2) och bränsleelementets fot (3) har
båda ett kvadratisk tvärsnitt och omsluts av bränsleele-
mentlådan (5), och att vattenröret (4) med en öppning för
vattenutlopp i övre ändan är utfört fasetterat och uppvi-
20 sar en bottendel (14) som bildar genomgångsöppningar (17)
i vattenrörets (4) undre ända och är ansluten till bräns-
leelementets fot (3).

2. Kärnreaktors bränsleelement enligt patentkravet
1, k ä n n e t e c k n a t därav, att vattenröret (4) är
25 centralt anordnat i det imaginära gallret (10, 11).

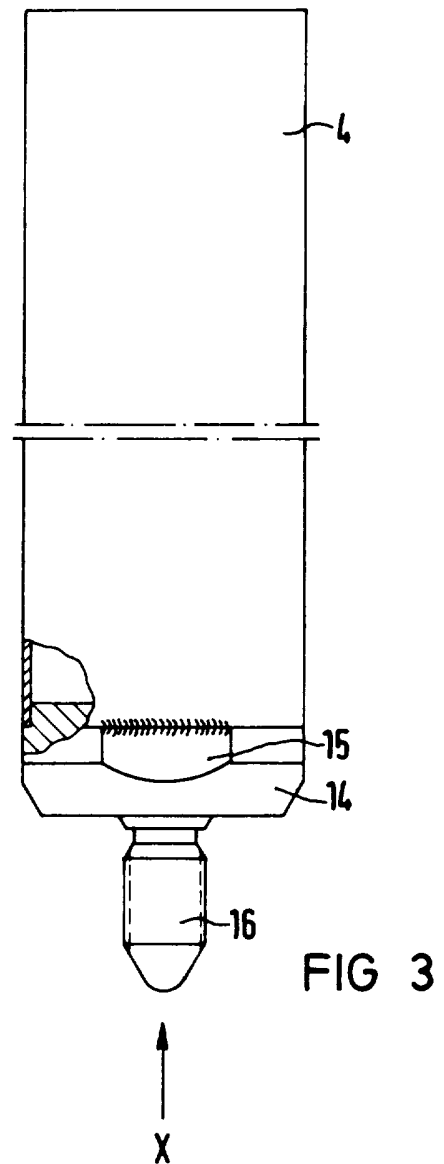
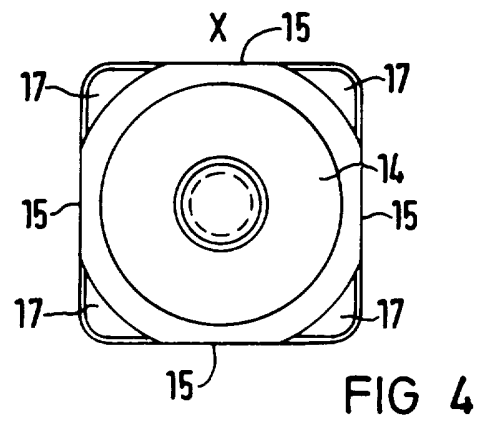
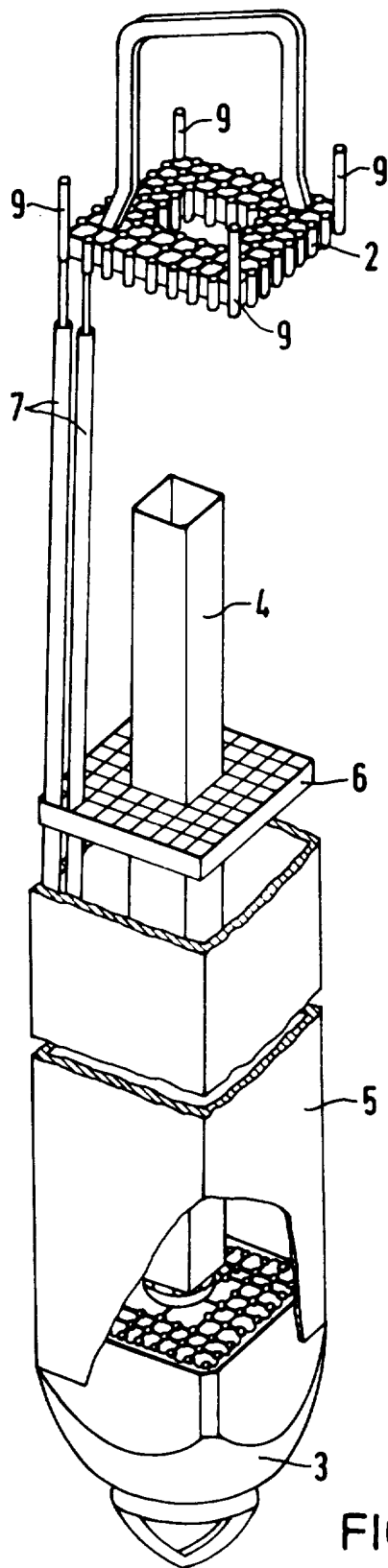
3. Kärnreaktors bränsleelement enligt patentkravet
1, k ä n n e t e c k n a t därav, att vattenrörets (4)
tvärsnitt är kvadratisk.

4. Kärnreaktors bränsleelement enligt patentkravet
30 2 eller 3, k ä n n e t e c k n a t därav, att vattenrö-
rets (4) tvärsnittssidor är parallella med tvärsnittssidan
av en i varje enskilt fall bredvidliggande bränsleelement-
låda (5) och alla har ett lika stort avstånd från bränsle-
elementlådan (5) bredvidliggande tvärsnittssida.

5. Kärnreaktors bränsleelement enligt patentkravet
35 4, k ä n n e t e c k n a t därav, att det imaginära gall-

ret (10, 11) har $n \times n$ maskor (12), varvid $n \geq 8$, av vilka
det centralt belägna vattenrörets tvärsnitt täcker $(n -$
 $6) \times (n - 6)$ maskor (12) och av vilka återstående maskor
mellan vattenröret (4) och bränsleelementlådan (5) är för-
5 sedda enbart med bränslestavar (7).

85196



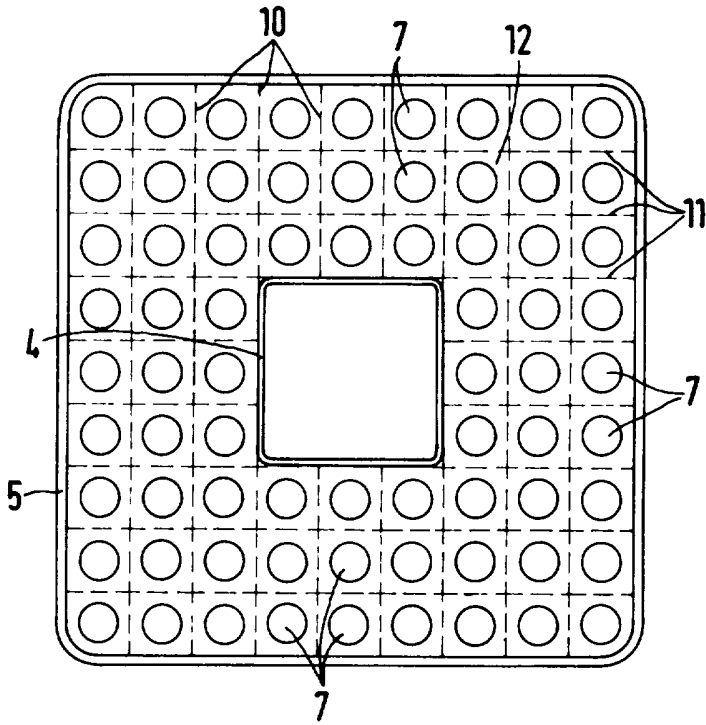


FIG 2